

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 174159

Интегральный чувствительный элемент преобразователя давления на основе биполярного транзистора

Патентообладатель: *Федеральное государственное унитарное
предприятие "Всероссийский научно-исследовательский
институт автоматики им. Н.Л. Духова" (ФГУП "ВНИИА")
(RU)*

Авторы: *Басов Михаил Викторович (RU), Химушкин Борис
Иванович (RU), Холодков Денис Анатольевич (RU)*

Заявка № 2017112392

Приоритет полезной модели 12 апреля 2017 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 06 октября 2017 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 12 апреля 2027 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Иблиев





**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2017112392, 12.04.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.04.2017

Дата регистрации:
06.10.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 12.04.2017

(45) Опубликовано: 06.10.2017 Бюл. № 28

Адрес для переписки:

127055, Москва, ул. Сушевская, 22, ФГУП
"ВНИИА", начальнику отдела 36, С.В. Жмайло

(72) Автор(ы):

**Басов Михаил Викторович (RU),
Химушкин Борис Иванович (RU),
Холодков Денис Анатольевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное унитарное
предприятие "Всероссийский
научно-исследовательский институт
автоматики им. Н.Л. Духова" (ФГУП
"ВНИИА") (RU)**

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: SU 491059 A, 26.02.1976. RU
2469436 C1, 10.12.2012. RU 2469437 C1,
10.12.2012. RU 167464 U1, 10.01.2017.; SU
1749731 A1, 23.07.1992. SU 1765730 A1,
30.09.1992. UA 3054 A, 26.12.1994. US 4558238
A1, 10.12.1985.

(54) **Интегральный чувствительный элемент преобразователя давления на основе биполярного транзистора**

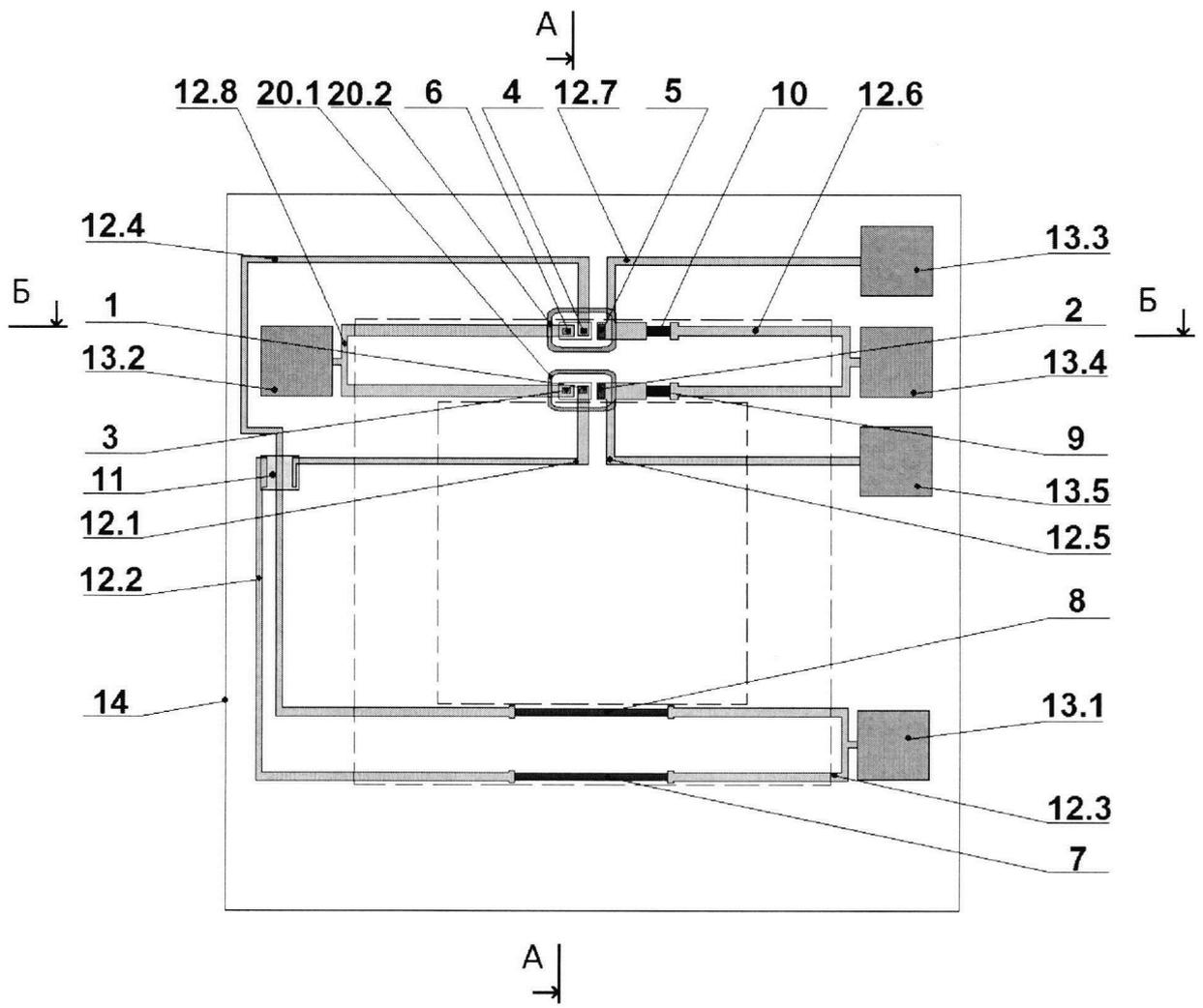
(57) Реферат:

Полезная модель относится к области измерительной техники и автоматики, представляет собой интегральный чувствительный элемент преобразователя давления и может быть использована в малогабаритных преобразователях давления в электрический сигнал. Интегральный элемент сформирован на кристалле, имеющем эпитаксиальный слой, выполненный из кремния n-типа проводимости, и подложку, выполненную из кремния p⁺-типа проводимости, включает мембрану и схему измерения, где имеется два тензотранзистора, коллекторные области которых соединены алюминиевыми металлизированными дорожками с тензорезисторами одного знака чувствительности от давления, а базовые области соединены алюминиевыми металлизированными дорожками с тензорезисторами противоположного знака чувствительности от давления. Высокое значение

разбаланса выходного сигнала схемы измерения при подаче давления и его отсутствия достигается благодаря использованию на оборотной стороне кристалла квадратной кремниевой мембраны с жестким центром и расположению первого тензотранзистора, тензорезистора коллекторной области первого тензотранзистора и тензорезистора базовой области второго тензотранзистора вдоль границы концентрации напряжений между жестким центром и утоненной частью мембраны, а также второго тензотранзистора, тензорезистора коллекторной области второго тензотранзистора и тензорезистора базовой области первого тензотранзистора вдоль границы концентрации напряжений между утолщенной частью и утоненной частью мембраны. Техническим результатом полезной модели является увеличение выходного сигнала чувствительного элемента при подаче давления. 6 ил.

RU 174159 U1

RU 174159 U1



Фиг. 1

RU 174159 U1

RU 174159 U1

Полезная модель относится к области измерительной техники и автоматики и может быть использовано в малогабаритных преобразователях давления в электрический сигнал.

Известен интегральный чувствительный элемент преобразователя давления на основе биполярного тензотранзистора, состоящий из оборотной механической стороны со сформированным тонким упругим элементом, вытравленным путем глубокого анизотропного травления, и лицевой стороны, которая снабжена тензотранзисторами, коллекторные области которых соединены токоведущими дорожками с тензорезисторами одинакового с ними знака тензочувствительности, а базовые области - с тензорезисторами противоположного знака (авторское свидетельство СССР № 491059, Микроэлектронный преобразователь давления. G01L 23/18, 05.11.1975). Данное решение принято в качестве прототипа.

Недостатком прототипа является низкая выходная чувствительность элемента. Конструкции имеет низкую выходную чувствительность от давления поскольку оборотная механическая сторона со сформированным тонким упругим элементом не содержит в наличии дополнительного концентратора в виде жесткого центра и на лицевой стороне тензорезисторы и тензотранзисторы расположены в менее напряженных областях и направлениях.

Полезная модель устраняет недостаток прототипа, связанный с низкой выходной чувствительностью элемента.

Техническим результатом полезной модели является увеличение выходной чувствительности элемента.

Технический результат достигается тем, что интегральный чувствительный элемент преобразователя давления на основе биполярного тензотранзистора, имеющий лицевую и оборотную механическую стороны, где на оборотной механической стороне чувствительного элемента сформирована травлением квадратная кремниевая мембрана, которая состоит из утолщенной части и утоненной части, границы между которыми являются местами концентрации напряжений, толщина мембраны составляет от 20 мкм до половины толщины чувствительного элемента, и на лицевой стороне чувствительного элемента, покрытой слоем изоляции из диоксида кремния, сформированы по планарной технологии в эпитаксиальном слое n-типа проводимости на подложке p⁺-типа проводимости два тензотранзистора n-p-n-типа проводимости, изолированные друг от друга разделительными областями из кремния p⁺-типа проводимости, коллекторные области n-типа проводимости которых соединены алюминиевыми металлизированными дорожками с третьим и четвертым тензорезисторами p-типа проводимости, базовые области p-типа проводимости соединены алюминиевыми металлизированными дорожками со вторым и первым тензорезисторами p-типа проводимости соответственно, и эмиттерные области соединены алюминиевой металлизированной дорожкой между собой, на лицевой стороне чувствительного элемента сформированные два тензотранзистора n-p-n-типа проводимости и четыре тензорезистора p-типа проводимости, объединенные алюминиевыми металлизированными дорожками с присоединенными к ним алюминиевыми металлизированными контактными площадками, которые служат для ввода и вывода электрического сигнала, и переключкой p⁺-типа проводимости, образуют схему, где базовая область p-типа проводимости первого тензотранзистора соединяется с базовой областью p-типа проводимости второго тензотранзистора последовательно алюминиевой металлизированной дорожкой от базовой области p-типа проводимости первого тензотранзистора, переключкой

p^+ -типа проводимости, алюминиевой металлизированной дорожкой между перемычкой p^+ -типа проводимости и первым тензорезистором, первым тензорезистором, алюминиевой металлизированной дорожкой между первым тензорезистором и вторым тензорезистором, вторым тензорезистором и алюминиевой металлизированной дорожкой от базовой области p -типа проводимости второго тензотранзистора, коллекторная область n -типа проводимости первого тензотранзистора соединяется с коллекторной областью n -типа проводимости второго тензотранзистора последовательно алюминиевой металлизированной дорожкой от коллекторной области n -типа проводимости первого тензотранзистора, третьим тензорезистором, алюминиевой металлизированной дорожкой между третьим тензорезистором и четвертым тензорезистором, четвертым тензорезистором и алюминиевой металлизированной дорожкой от коллекторной области n -типа проводимости второго тензотранзистора, эмиттерная область n^+ -типа проводимости первого тензотранзистора соединяется с эмиттерной областью n^+ -типа проводимости второго тензотранзистора алюминиевой металлизированной дорожкой, и на оборотной механической стороне чувствительного элемента сформирован в квадратной кремниевой мембране дополнительный жесткий центр, и границы между утолщенной частью, утоненной частью и жестким центром мембраны являются местами концентрации напряжений, где первый тензотранзистор, второй и третий тензорезистор расположены вдоль границы концентрации напряжений между жестким центром и утоненной частью мембраны, а второй тензотранзистор, первый и четвертый тензорезистор расположены вдоль границы концентрации напряжений между утолщенной частью и утоненной частью мембраны.

Сущность полезной модели поясняется чертежами.

На фиг. 1 представлена топология лицевой стороны чувствительного элемента.

На фиг. 2 представлена топология квадратной кремниевой мембраны на оборотной механической стороне.

На фиг. 3 представлена электрическая измерительная схема чувствительного элемента.

На фиг. 4 представлена увеличенная область топологии тензотранзисторов и тензорезисторов к коллекторным областям тензотранзисторов.

На фиг. 5 представлена структура p - n переходов чувствительного элемента (разрез А-А на фиг.1).

На фиг. 6 представлена структура p - n переходов чувствительного элемента (разрез Б-Б на фиг. 1).

Цифрами на чертежах обозначены:

1 - базовая область p -типа первого тензотранзистора;

2 - коллекторная область n -типа первого тензотранзистора;

3 - эмиттерная область n^+ -типа первого тензотранзистора;

4 - базовая область p -типа второго тензотранзистора;

5 - коллекторная область n -типа второго тензотранзистора;

6 - эмиттерная область n^+ -типа второго тензотранзистора;

7 - первый тензорезистор p -типа, который присоединен к базовой области первого тензотранзистора;

8 - второй тензорезистор p -типа, который присоединен к базовой области второго тензотранзистора;

9 - третий тензорезистор p -типа, который присоединен к коллекторной области первого тензотранзистора;

10 - четвертый тензорезистор р-типа, который присоединен к коллекторной области второго тензотранзистора;

11 - перемычка р⁺-типа;

12.1, 12.2, 12.3, 12.4, 12.5, 12.6, 12.7, 12.8 - алюминиевые металлизированные дорожки;

13.1, 13.2, 13.3, 13.4, 13.5 - алюминиевые металлизированные контактные площадки;

14 - квадратная кремниевая мембрана;

15 - утолщенная часть мембраны;

16 - утоненная часть мембраны;

17 - жесткий центр мембраны;

18 - эпитаксиальный слой n-типа;

19 - кремниевая подложка р⁺-типа;

20.1, 20.2 - разделительная область р⁺-типа;

21 - слой изоляции из диоксида кремния;

22 - первый тензотранзистор n-p-n;

23 - второй тензотранзистор n-p-n.

Интегральный элемент - это совокупность электрически связанных компонентов, изготовленных в едином технологическом процессе на единой полупроводниковой подложке, т.е. элемент выполнен по планарной технологии. Интегральный

чувствительный элемент преобразователя давления на основе биполярного тензотранзистора сформирован на кристалле, имеющем эпитаксиальный слой 18 n-типа

проводимости и подложку 19 р⁺-типа проводимости, и состоит из лицевой стороны,

покрытой слоем изоляции 21 из диоксида кремния, разделяющий первый и второй

тензотранзистор 22, 23, первый, второй, третий и четвертый тензорезисторы 7, 8, 9, 10

разделительные области 20.1, 20.2 р⁺-типа и эпитаксиальный слой 18 n-типа друг от

друга и от внешней среды, и оборотной механической стороны. На оборотной

механической стороне чувствительного элемента находится квадратная кремниевая

мембрана 14, состоящая из утолщенной части 15, утоненной части 16 и жесткого центра

17. Места соединения элементов мембраны 14 образуют места концентрации

напряжений. Геометрические размеры элементов мембраны 14 могут быть любыми.

Квадратная кремниевая мембрана 14 с жестким центром 17 создается анизотропным травлением; жесткий центр 17 мембраны 14 может иметь как квадратное, так и другое

сечение. Исходя из экспериментальных результатов, толщина утоненной части 16

квадратной кремниевой мембраны 14 в зависимости от номинального преобразуемого

давления может варьироваться от 20 мкм до значения, равного половине толщины

чувствительного элемента. Чем выше номинальное преобразуемое давление, тем должна

быть толще утоненная часть 16 мембраны 14. Изготовление утоненной части 16

мембраны 14 толщиной менее 20 мкм приводит к ее разрушению, а при изготовлении

очень толстой утоненной части 16 мембраны 14 существенно падает чувствительность преобразователя.

Устройство содержит на лицевой стороне чувствительного элемента, покрытой слоем изоляции 21 из диоксида кремния, сформированные по планарной технологии, например, с помощью процесса диффузии, в эпитаксиальном слое 18 n-типа проводимости на

подложке 19 р⁺-типа проводимости два тензотранзистора 22, 23 и четыре тензорезистора

7, 8, 9, 10, объединенные алюминиевыми металлизированными дорожками 12 с

алюминиевыми металлизированными контактными площадками 13 и перемычкой 11

р⁺-типа в схему, где базовая область 1 р-типа первого тензотранзистора 22 соединяется

с базовой областью 4 р-типа второго тензотранзистора 23 последовательно
алюминиевой металлизированной дорожкой 12.1 от базовой области 1 р-типа первого
тензотранзистора 22, перемычкой 11 р⁺-типа, алюминиевой металлизированной
5 дорожкой 12.2 между перемычкой 11 р⁺-типа и первым тензорезистором 7, первым
тензорезистором 7, алюминиевой металлизированной дорожкой 12.3 между первым
тензорезистором 7 и вторым тензорезистором 8, вторым тензорезистором 8 и
алюминиевой металлизированной дорожкой 12.4 от базовой области 4 р-типа второго
тензотранзистора 23, коллекторная область 2 n-типа первого тензотранзистора 22
10 соединяется с коллекторной областью 5 n-типа второго тензотранзистора 23
последовательно алюминиевой металлизированной дорожкой 12.5 от коллекторной
области 2 n-типа первого тензотранзистора 22, третьим тензорезистором 9, алюминиевой
металлизированной дорожкой 12.6 между третьим тензорезистором 9 и четвертым
тензорезистором 10, четвертым тензорезистором 10 и алюминиевой металлизированной
15 дорожкой 12.7 от коллекторной области 5 n-типа второго тензотранзистора 23,
эмиттерная область 3 n⁺-типа первого тензотранзистора 22 соединяется с эмиттерной
областью 6 n⁺-типа второго тензотранзистора 23 алюминиевой металлизированной
дорожкой 12.8 или в схему, где имеется два тензотранзистора 22, 23, коллекторные
области 2 и 5 которых соединены алюминиевыми металлизированными дорожками 12
20 с третьим и четвертым тензорезисторами 9 и 10, базовые области 1 и 4 соединены
алюминиевыми металлизированными дорожками 12 со вторым и первым
тензорезисторами 8 и 7, соответственно, и эмиттерные области 3 и 6 соединены
алюминиевой металлизированной дорожкой 12 между собой. Для ввода и вывода
электрического сигнала схемы служат алюминиевые металлизированные контактные
25 площадки 13.1, 13.2, 13.3, 13.4 и 13.5. Тензотранзисторы изолированы друг от друга
разделительными областями 20.1, 20.2, сформированными из кремния р⁺-типа
проводимости в эпитаксиальной области 18 n-типа. Первый тензотранзистор 22, третий
тензорезистор 9, присоединенный к коллекторной области 2 первого тензотранзистора
22, и второй тензорезистор 8, присоединенный к базовой области 4 второго
30 тензотранзистора 23, были расположены вдоль границы концентрации напряжений
между жестким центром 17 и утоненной частью 16 квадратной кремниевой мембраны
14, а второй тензотранзистор 23, четвертый тензорезистор 10, присоединенный к
коллекторной области 5 второго тензотранзистора 23, и первый тензорезистор 7,
35 присоединенный к базовой области 1 первого тензотранзистора 22, были расположены
вдоль границы концентрации напряжений между утолщенной частью 15 и утоненной
частью 16 квадратной кремниевой мембраны 14.

Устройство работает следующим образом.

При подаче измеряемого давления на чувствительный элемент, оно воздействует на
40 мембрану 14, которая, изгибаясь, деформирует базовые 1, 4, коллекторные 2, 5 и
эмиттерные 3, 6 области тензотранзисторов 22, 23 n-p-n, изолированные разделительной
областью 20.1, 20.2 р⁺-типа проводимости, и тензорезисторы 7, 8, 9, 10 р-типа
проводимости, расположенные на лицевой стороне чувствительного элемента,
сформированные в эпитаксиальной области 18 n-типа проводимости на подложке 19
45 р⁺-типа проводимости и покрытые слоем изоляции 21 из диоксида кремния. При этом
в тензотранзисторах 22, 23 и тензорезисторах 7, 8, 9, 10 возникает тензоэффект, то есть
в тензотранзисторах 22, 23 изменяется коэффициент усиления тока и в тензорезисторах
7, 8, 9, 10 изменяется сопротивление, и, соответственно, увеличивается разбаланс

измерительной схемы, в которую объединены тензотранзисторы 22, 23 и тензорезисторы 7, 8, 9, 10, алюминиевые металлизированные дорожки 12.1, 12.2, 12.3, 12.4, 12.5, 12.6, 12.7, 12.8 и перемычка 11 p⁺-типа. Величина разбаланса снимается в виде выходного сигнала с помощью алюминиевых металлизированных дорожек 12.1, 12.2, 12.3, 12.4, 12.5, 12.6, 12.7, 12.8 и алюминиевых металлизированных контактных площадок 13.1, 13.2, 13.3, 13.4, 13.5. Измерительная схема имеет два напряжения питания, подаваемые с разными положительными потенциалами на алюминиевые металлизированные контактные площадки 13.1 и 13.4, и имеющие общий контакт подачи потенциала земли на алюминиевой металлизированной контактной площадке 13.2.

Величина разбаланса выходного сигнала измерительной схемы чувствительного элемента при наличии и отсутствии подаваемого давления изменяется благодаря разнице тензочувствительности первого тензотранзистора 22, третьего тензорезистора 9, присоединенного к коллекторной области 2 первого тензотранзистора 22, и второго тензорезистора 8, присоединенного к базовой области 4 второго тензотранзистора 23, расположенных вдоль границы концентрации напряжений между жестким центром 17 и утоненной частью 16 квадратной кремниевой мембраны 14, и второго тензотранзистора 23, четвертого тензорезистора 10, присоединенного к коллекторной области 5 второго тензотранзистора 23, и первого тензорезистора 7, присоединенного к базовой области 1 первого тензотранзистора 22, расположенных вдоль границы концентрации напряжений между утолщенной частью 15 и утоненной частью 16 квадратной кремниевой мембраны 14, и измеряется на алюминиевых металлизированных контактных площадках 13.3 и 13.5. При подачи давления со стороны мембраны 14 происходит увеличение сопротивления первого тензорезистора 7, присоединенного к базовой области 1 первого тензотранзистора 22, уменьшение коэффициента усиления первого тензотранзистора 22 и уменьшение сопротивления третьего тензорезистора 9, присоединенного к коллекторной области 2 первого тензотранзистора 22, что в совокупности понижает падение напряжения на третьем тензорезисторе 9, присоединенном к коллекторной области 2 первого тензотранзистора 22. При подачи давления со стороны мембраны 14 происходит уменьшение сопротивления второго тензорезистора 8, присоединенного к базовой области 4 второго тензотранзистора 23, увеличение коэффициента усиления второго тензотранзистора 23 и увеличение сопротивления четвертого тензорезистора 10, присоединенного к коллекторной области 5 второго тензотранзистора 23, что в совокупности повышает падение напряжения на четвертом тензорезисторе 10, присоединенном к коллекторной области 5 второго тензотранзистора 23. Величина разбаланса выходного сигнала измерительной схемы чувствительного элемента при наличии и отсутствии подаваемого давления есть разница между падением напряжения на четвертом тензорезисторе 10, присоединенного к коллекторной области 5 второго тензотранзистора 23, и падением напряжения на третьем тензорезисторе 9, присоединенного к коллекторной области 2 первого тензотранзистора 22.

Таким образом, достигается указанный технический результат, а именно увеличение выходной чувствительности элемента.

(57) Формула полезной модели

Интегральный чувствительный элемент преобразователя давления на основе биполярного тензотранзистора, имеющий лицевую и оборотную механическую стороны, где на оборотной механической стороне чувствительного элемента сформирована травлением квадратная кремниевая мембрана, которая состоит из утолщенной части

и утоненной части, границы между которыми являются местами концентрации напряжений, толщина мембраны составляет от 20 мкм до половины толщины чувствительного элемента, и на лицевой стороне чувствительного элемента, покрытой

5 эпитаксиальном слое n-типа проводимости на подложке p⁺-типа проводимости два тензотранзистора n-p-n-типа проводимости, изолированные друг от друга разделительными областями из кремния p⁺-типа проводимости, коллекторные области n-типа проводимости которых соединены алюминиевыми металлизированными дорожками с третьим и четвертым тензорезисторами p-типа проводимости, базовые

10 области p-типа проводимости соединены алюминиевыми металлизированными дорожками со вторым и первым тензорезисторами p-типа проводимости соответственно, и эмиттерные области соединены алюминиевой металлизированной дорожкой между собой, отличающийся тем, что на лицевой стороне чувствительного элемента

15 сформированные два тензотранзистора n-p-n-типа проводимости и четыре тензорезистора p-типа проводимости, объединенные алюминиевыми металлизированными дорожками с присоединенными к ним алюминиевыми металлизированными контактными площадками, которые служат для ввода и вывода электрического сигнала, и перемычкой p⁺-типа проводимости, образуют схему, где

20 базовая область p-типа проводимости первого тензотранзистора соединяется с базовой областью p-типа проводимости второго тензотранзистора последовательно алюминиевой металлизированной дорожкой от базовой области p-типа проводимости первого тензотранзистора, перемычкой p⁺-типа проводимости, алюминиевой

25 металлизированной дорожкой между перемычкой p⁺-типа проводимости и первым тензорезистором, первым тензорезистором, алюминиевой металлизированной дорожкой между первым тензорезистором и вторым тензорезистором, вторым тензорезистором и алюминиевой металлизированной дорожкой от базовой области p-типа проводимости второго тензотранзистора, коллекторная область n-типа проводимости первого

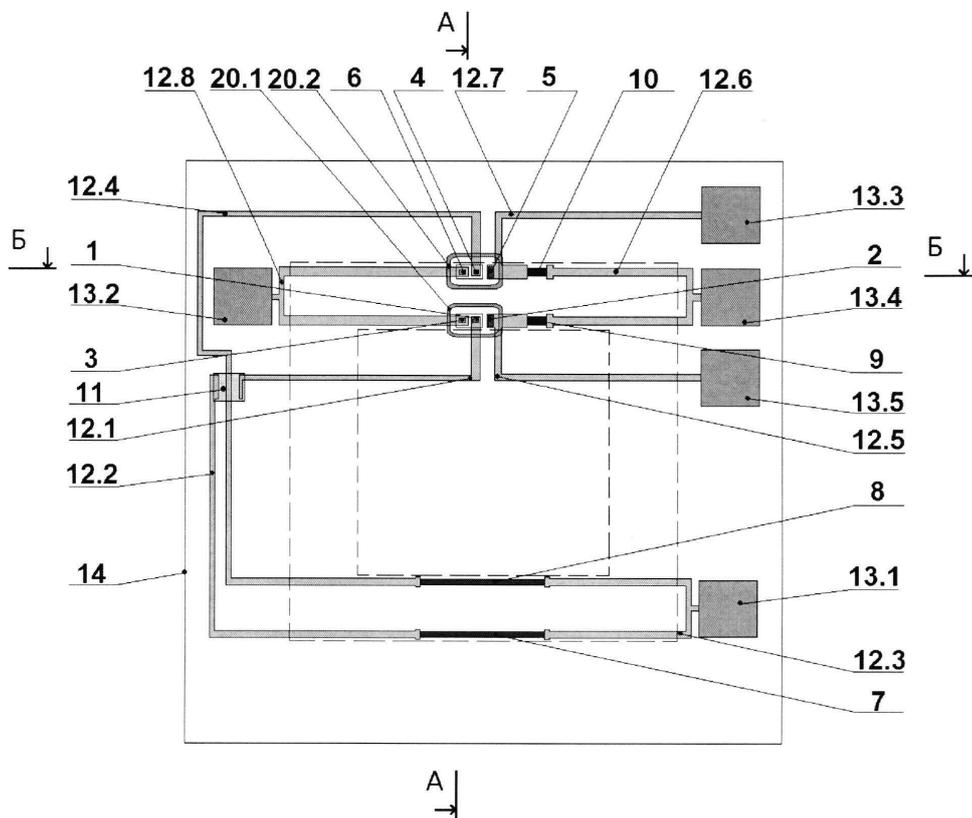
30 тензотранзистора соединяется с коллекторной областью n-типа проводимости второго тензотранзистора последовательно алюминиевой металлизированной дорожкой от коллекторной области n-типа проводимости первого тензотранзистора, третьим тензорезистором, алюминиевой металлизированной дорожкой между третьим тензорезистором и четвертым тензорезистором, четвертым тензорезистором и

35 алюминиевой металлизированной дорожкой от коллекторной области n-типа проводимости второго тензотранзистора, эмиттерная область n⁺-типа проводимости первого тензотранзистора соединяется с эмиттерной областью n⁺-типа проводимости второго тензотранзистора алюминиевой металлизированной дорожкой, и на оборотной механической стороне чувствительного элемента сформирован в квадратной кремниевой

40 мембране дополнительный жесткий центр, и границы между утолщенной частью, утоненной частью и жестким центром мембраны являются местами концентрации напряжений, где первый тензотранзистор, второй и третий тензорезистор расположены вдоль границы концентрации напряжений между жестким центром и утоненной частью мембраны, а второй тензотранзистор, первый и четвертый тензорезисторы расположены

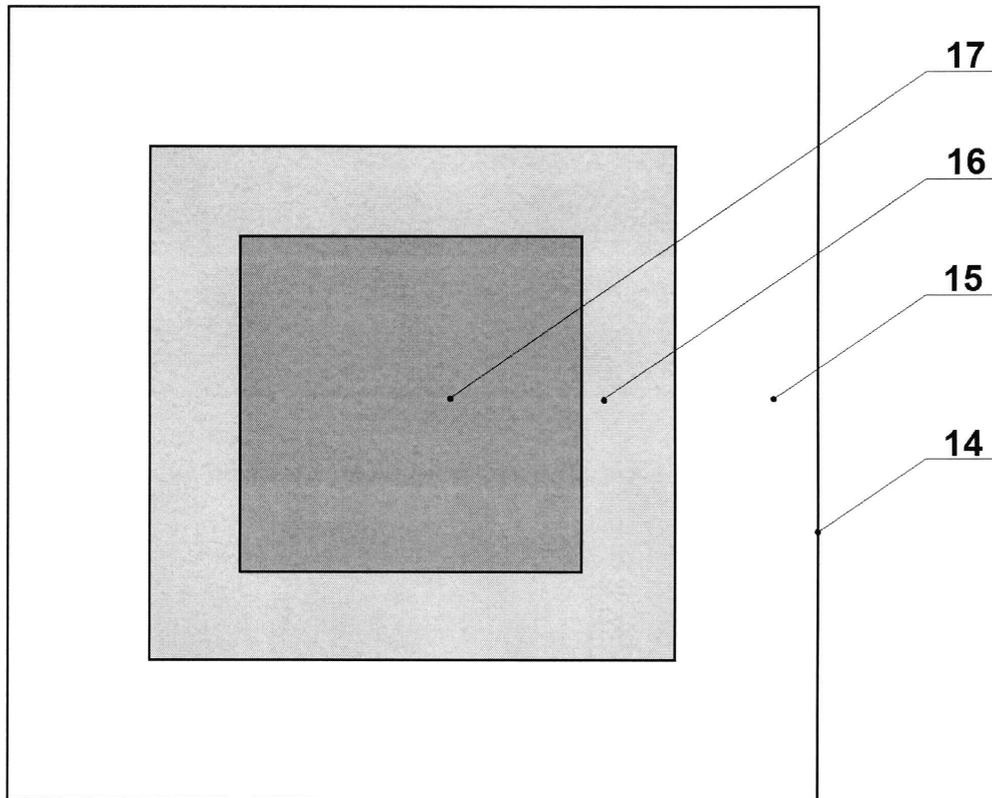
45 вдоль границы концентрации напряжений между утолщенной частью и утоненной частью мембраны.

Интегральный чувствительный элемент преобразования давления на основе биполярного транзистора



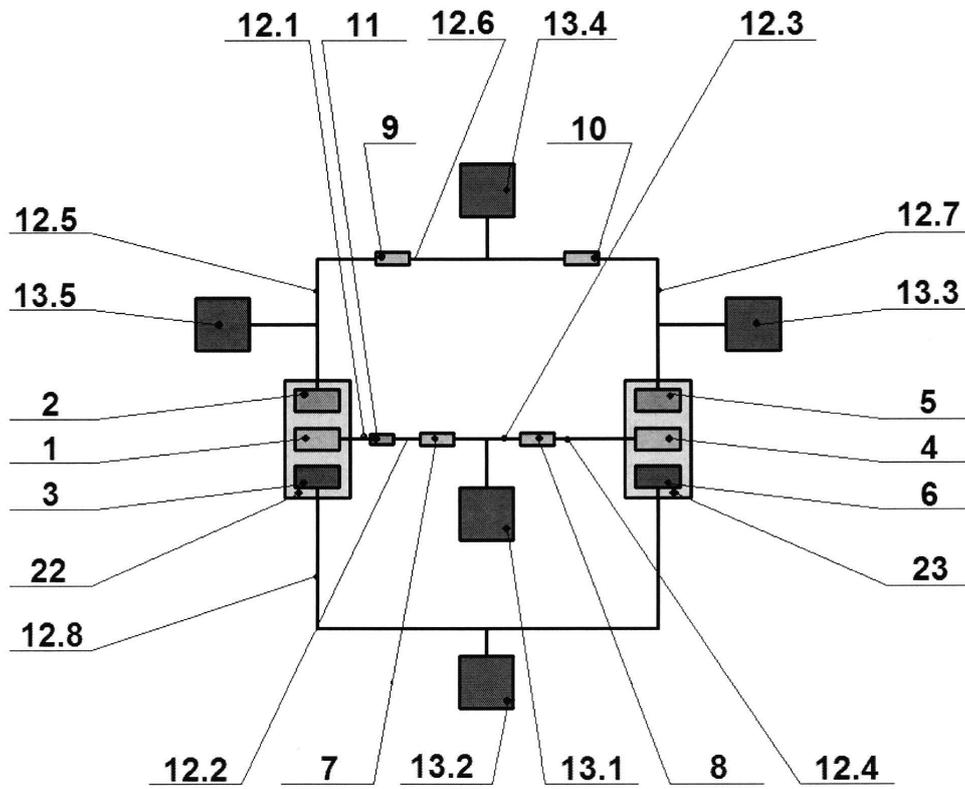
Фиг. 1.

Интегральный чувствительный элемент преобразования давления на основе биполярного транзистора



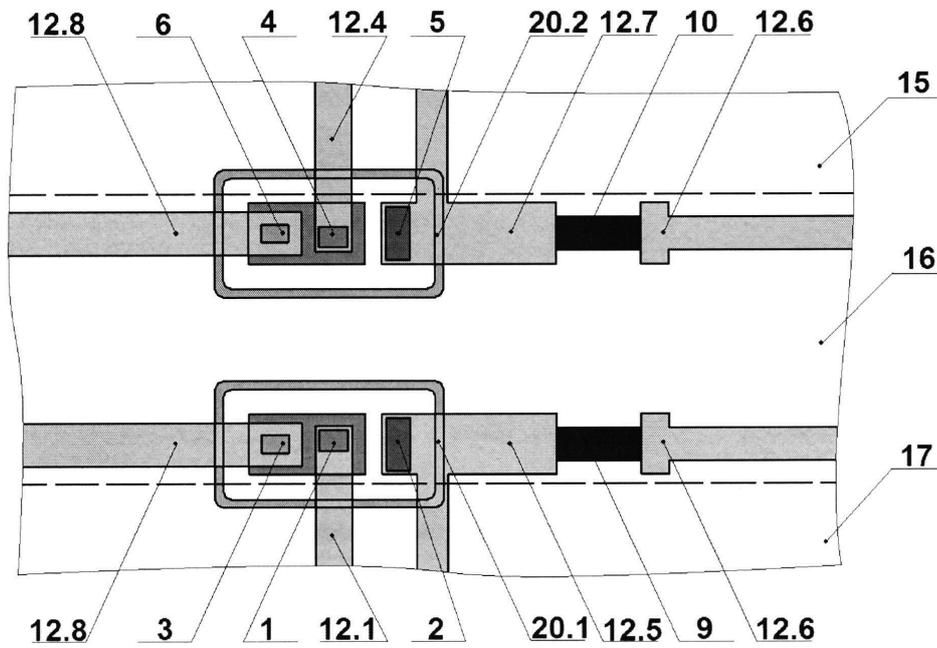
Фиг. 2.

Интегральный чувствительный элемент преобразования давления на основе биполярного транзистора



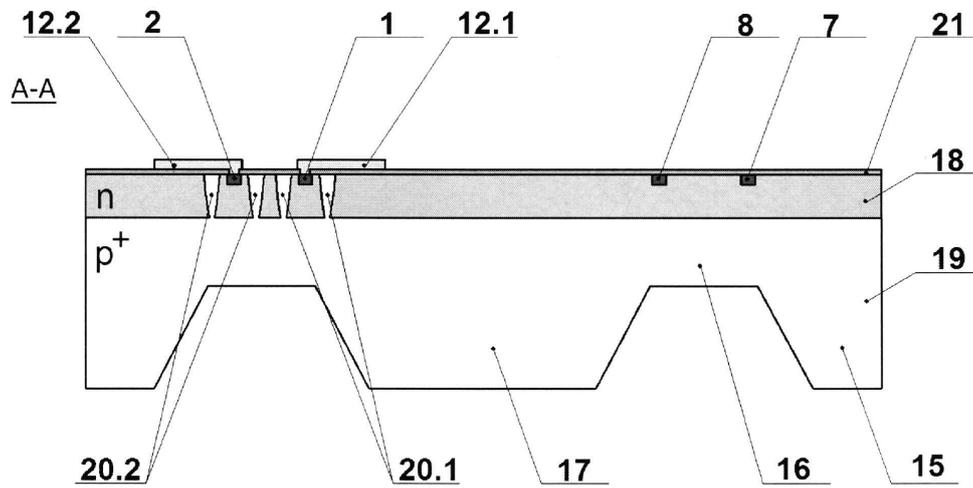
Фиг. 3.

Интегральный чувствительный элемент преобразования давления на основе биполярного транзистора



Фиг. 4.

Интегральный чувствительный элемент преобразования давления на основе биполярного транзистора



Фиг. 5.

